

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 9 月 1 日
Date of Application:

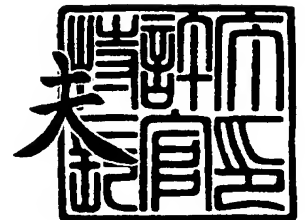
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 0 9 2 9 7
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 3 0 9 2 9 7]

出 願 人
Applicant(s): 東洋鐵芯工業株式会社
 飯島 信長
 有限会社ハイゼット
 興石 弘道

2 0 0 3 年 1 0 月 2 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 8 3 0 7

【書類名】 特許願
【整理番号】 J030530AB0
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H02K 15/02
C21D 9/00

【発明者】
【住所又は居所】 福岡県北九州市八幡西区南八千代町 5 番 2 5 号
【氏名】 興石 弘道

【発明者】
【住所又は居所】 福岡県北九州市八幡西区則松 3 丁目 3 番 2 号
【氏名】 尾湯 止美也

【発明者】
【住所又は居所】 福岡県宗像市須恵 4 8 8 番
【氏名】 江口 茂毅

【発明者】
【住所又は居所】 千葉県佐倉市大崎台 4 丁目 2 6 番地 5 号
【氏名】 長谷川 秀雄

【特許出願人】
【識別番号】 597060922
【氏名又は名称】 東洋鐵芯工業株式会社

【特許出願人】
【識別番号】 502193048
【氏名又は名称】 飯島 信長

【特許出願人】
【識別番号】 500153965
【氏名又は名称】 有限会社ハイゼット

【特許出願人】
【識別番号】 591203484
【氏名又は名称】 興石 弘道

【代理人】
【識別番号】 100099508
【弁理士】
【氏名又は名称】 加藤 久
【電話番号】 092-413-5378

【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2003- 5840
【出願日】 平成15年 1月14日

【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2003-106674
【出願日】 平成15年 4月10日

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 037590
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0305857
【包括委任状番号】 0305858

【包括委任状番号】 0305859
【包括委任状番号】 9711585

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

磁束密度が 1. 0 T 以下の低磁場のもとで駆動されるモータに使用される固定子コアであつて、無方向性電磁鋼板を素材として製作された固定子コアの焼鈍に際して少なくともキュリー点直上の温度からの冷却過程でモータ駆動時の固定子の励磁方向と同じ方向に磁場が印加されて焼鈍されたモータ用固定子コア。

【請求項 2】

無方向性電磁鋼板を素材として製作されたモータ用固定子コアを焼鈍するに際して、加熱後の固定子コアの冷却過程において少なくともキュリー点直上の温度から 3 0 0 ℃までの温度範囲において固定子コアに対してモータ駆動時の固定子の励磁方向と同じ方向に磁場を印加することを特徴とするモータ用固定子コアの製造方法。

【請求項 3】

磁場印加時における固定子コアの結晶粒径を 1 0 0 μ m 以上とすることを特徴とする請求項 2 記載のモータ用固定子コアの製造方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】モータ用固定子コアおよびその製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、無方向性電磁鋼板を素材とするモータ用固定子コア、とくに低磁場における磁化特性を向上させたモータ用固定子コアおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、環境、資源問題から電気機器に対し省エネルギー、高効率化の要請が高まってきている。モータにとってもその効率向上は最大の要求であり、このためには鉄損や銅損、機械損を減少させることが必要である。このようなモータのコアとして、無方向性電磁鋼板の積層物が使用されているが、このコアが鉄損に大きく影響していることはよく知られていることである。

【0003】

モータ用コアの素材として使用される無方向性電磁鋼板は、所定の化学成分に調整された熱延板に、1回または複数回の焼鈍を含む冷間圧延を施して製造される。この製造工程は、セミプロセス無方向性電磁鋼板とフルプロセス無方向性電磁鋼板とで一部異なる。打ち抜き後のコアの歪取り焼鈍の実施を前提としているセミプロセス無方向性電磁鋼板では、冷間圧延後の鋼板の焼鈍は比較的低温かつ短時間の焼鈍であり、また、焼鈍後の最終工程でスキンプラス圧延が行われる。一方、フルプロセス無方向性電磁鋼板では、必ずしもコアの歪取り焼鈍を前提とはしていないので、冷間圧延後の鋼板の焼鈍はセミプロセス無方向性電磁鋼板の場合よりも高い温度でかつ長い時間の焼鈍が行われる。また、この焼鈍の条件緩和のために熱間圧延後の鋼板に対して焼鈍を施すこともある。

【0004】

ところで、近年開発と実用化が急速に進展している電気自動車用モータに代表される高速高効率モータの設計思想は、高周波数（400～600Hz）、低磁束密度（1.0～0.5T）指向となり、それに対応してモータ用コアの素材である無方向性電磁鋼板に対してより一層の鉄損の改善が要請されている。

【0005】

モータの出力Pは一般式

$$P = k \times f \times N \times i \times B \times S$$

ここで、kは比例常数、fは周波数、Nは巻線数、iは電流、Bは磁束密度、Sはコアの断面積

で表される。上記の式において、モータの小型軽量化を念頭においたうえで出力を高めるための要件としては、まず励磁電流の周波数fを高めることが考えられる。近年のインバータの発明により商用電源周波数の10倍程度の高い周波数でも設定が可能となったことから、従来の商用電源周波数より高い周波数範囲で、周波数fと磁束密度Bの最適解が検討された。モータ用コアの素材である無方向性電磁鋼板特有の磁気慣性により、周波数fにより取り得る磁束密度Bの範囲は決まってしまう。その結果、周波数fは400～600Hz、磁束密度Bは主として1.0～0.5Tの範囲が採用されている。この程度の数値範囲であれば、周波数fの倍率8～10倍に対し磁束密度Bの低下率は1/2程度であるから、f×Bで4～5倍程度の出力増加が期待される。上記式中のk、N、i、Sの各値は周波数fと磁束密度Bが決まればその数値範囲は自ずと定まる。

【0006】

モータ用コアの素材としての無方向性電磁鋼板の鉄損Wは、

$$W = W_h + W_e$$

ここでW_hはヒステリシス損であり、

$$W_h = k_1 \times f \times B^{1.6}$$

W_eは過電流損であり、

$$W_e = k_2 \times (t^2 \times f^2 \times B^2) / \rho$$

k_1 , k_2 は常数、 t は板厚、 ρ は固有抵抗である。
で表される。この鉄損を減少させるために鋼板の薄手化と高固有抵抗化が進められ、現状における最高級無方向性電磁鋼板では、板厚 t は 0.20 mm 程度まで薄手化され、固有抵抗 ρ は $55 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以上と高められている。

【0007】

このように、磁性改善策として薄手化、高固有抵抗化が進められた結果、無方向性電磁鋼板の鉄損は従来に比して相当に改善された。しかし、電磁鋼板の薄手化、高固有抵抗化によって改善されたのは、前記式で示される鉄損中の過電流損の減少によるものであって、ヒステリシス損は薄手化、高固有抵抗化によっては改善されない。過電流損の減少によって、全鉄損中に占めるヒステリシス損の割合はそれまでの 70% 程度から 90% 程度に相対的に増加し、今後の鉄損改善策としては、ヒステリシス損の改善が重要となってきている。

【0008】

電磁鋼板のヒステリシス損は、磁束密度と密接な関係があり、磁化特性が向上すればヒステリシス損が減少する。したがって、ヒステリシス損を減少させるには如何にして磁化特性の向上を図るかということになる。磁化特性の向上策は、電磁鋼板の結晶方位を面内無方向性化することであり、その具体的方策として本願発明者の一人は、電磁鋼板の成分系を従来の高 Si 系から高 Al-Mn 系の成分系とすることにより、鉄損の低減と磁化特性の向上を両立させた無方向性電磁鋼板を開発した（特許文献 1 参照）。

【0009】

モータ用コアには固定子コアと回転子コアとがあるが、本発明において対象とするのは固定子コアである。一般にモータ用コアは、無方向性電磁鋼板のフープに打ち抜き油を塗布した状態で所定の形状にプレスで打ち抜き、これを多数枚積層してカシメあるいは溶接により固着して製作される。この後、付着した打ち抜き油を除去するための加熱処理が行われ、さらにその後、焼鈍が行われる。

【0010】

この焼鈍の目的は、第一義的には打ち抜き時に生じた歪みの除去にあり、同時に結晶粒の成長を促進して磁化特性の向上を図ることにある。この打ち抜き後のコアの歪取り焼鈍の実施を前提としているのがセミプロセス無方向性電磁鋼板である。従来、モータ用コアの焼鈍は、非酸化性ないし還元性雰囲気のもとで、均熱温度約 750℃ で約 2 時間保持の条件で行われている。近年、この種のコアの焼鈍を磁場中で行うことが提案されている。たとえば特許文献 2 には、鋼片内の 2 以上の方向に励磁される電磁鋼鋼片を有する鉄芯の、電磁鋼鋼片をその励磁方向と同じ方向の磁場中で焼鈍する方法が記載されている。また、特許文献 3 には、鉄芯に磁界を印加しながら焼鈍する方法において、鉄芯に印加する磁界をコイルによって発生するとともに、コイルからの発熱若しくはコイルからの高周波磁場印加によって鉄芯を加熱して焼鈍する方法が記載されている。

【0011】

【特許文献 1】特開 2002-146490 号公報

【特許文献 2】特開平 11-340030 号公報

【特許文献 3】特開平 11-341749 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

金属の磁場中熱処理技術については古くから研究が行われているが、実用の域には達しておらず、Fe-Si 系合金についても 1960 年代に、“磁場中熱処理は材料の透磁率を改善する目的で開発されたもので、研究室的には非常に良い結果が得られているが、手数がかかり経費もかさむので、実用的価値はほとんどない”、と結論づけられ、その後現在まで実用化されていないのが現状である。

【0013】

しかしながら、無方向性電磁鋼板を素材としたモータ用固定子コアを磁場中で焼鈍する

ことにより、磁化特性が向上するであろうことは十分に考えられることである。しかし現状では、素材特性および焼鈍条件と焼鈍後の鉄芯の磁化特性との関係について説明されておらず、前記の特許文献 2, 3 で提案されている鉄芯の磁場中焼鈍においてもこの点に関してなんら言及されていない。また本出願人もモータ用固定子コアの磁場中焼鈍の方法および装置に関する発明を特願 2002-156136 号として特許出願を行っているが、この先願においてもこの点に関して十分な説明は行われていない。

【0014】

一方、電気自動車用モータの出力に関しては、前述のように、400～600Hz の周波数域の高周波励磁電流を採用することにより、商用電源周波数の励磁電流の場合よりも高い出力が得られてはいるものの、励磁電流の周波数を高くしたときの固定子コアの磁束密度は 1/2 程度あるいはそれ以下に低下してしまう。ここで、高周波励磁電流のもとでも固定子コアの磁束密度の低下を抑制することができるならば、電気自動車用モータの出力を現状よりさらに高めること、または小型化をはかることが可能になるものと期待される。

【0015】

本発明の目的は、従来の高 Si 系成分の無方向性電磁鋼板およびこれよりも磁化特性の良好な高 Al 系成分の無方向性電磁鋼板を素材として製作されたモータ用固定子コア、とくに低磁場のもとで駆動される電気自動車用モータに使用される固定子コアの磁場中焼鈍に際して、素材特性および焼鈍条件と焼鈍後の固定子コアの磁化特性との関係を説明して、低磁場における磁化特性および鉄損を改善するとともにモータの出力を向上させるモータ用固定子コアとその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明に係るモータ用固定子コアは、磁束密度が 1.0 T 以下の低磁場のもとで駆動されるモータに使用される固定子コアであって、無方向性電磁鋼板を素材として製作された固定子コアの焼鈍に際して少なくともキュリー点直上の温度からの冷却過程でモータ駆動時の固定子の励磁方向と同じ方向に磁場が印加されて焼鈍されたモータ用固定子コアである。

【0017】

本発明に係るモータ用固定子コアの製造方法は、無方向性電磁鋼板を素材として製作されたモータ用固定子コアを焼鈍するに際して、加熱後の固定子コアの冷却過程において少なくともキュリー点直上の温度から 300℃までの温度範囲において固定子コアに対してモータ駆動時の固定子の励磁方向と同じ方向に磁場を印加することを特徴とする。ここで、磁場印加時における固定子コアの結晶粒径を 100 μm 以上とすることが望ましい。

【発明の効果】

【0018】

無方向性電磁鋼板を素材として製作された固定子コアを焼鈍するに際して、加熱後の固定子コアの冷却過程において少なくともキュリー点直上の温度から 300℃までの温度範囲において固定子コアに対して磁場を印加することにより、低磁場のもとで駆動される電気自動車用モータに代表される高速高効率モータに使用される固定子コアとして鉄損を向上させた固定子コアを製造することができる。とくに、冷却過程で磁場を印加するとき、固定子コアに対する印加磁場の方向をモータ駆動時の固定子の励磁方向と同じ方向とすることにより、固定子コアの結晶内の磁区の磁化方向がモータ駆動時の固定子の励磁方向に近い方向となるので、固定子を励磁したときに固定子コアの磁区が容易に励磁方向に向くようになり、磁束密度が高くなってヒステリシス損が減少し、固定子の全鉄損を向上させることができる。また、固定子コアの結晶内の磁区の磁化方向がモータ駆動時の固定子の励磁方向に近づくことにより、電気自動車用モータに採用される 400～600Hz の高周波数励磁電流のもとでの固定子コアの磁束密度の低下が抑制され、この固定子を使用したモータの出力をさらに向上させ、あるいは小型化させることを可能とする。

さらに、磁場印加時における固定子コア自体の結晶粒径を 100 μm 以上とすることに

より、磁場印加焼鈍後の結晶内の磁区の磁化方向が揃いやすくなり、磁化特性の向上効果をより高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

通常のモータは一般に商用電源周波数で磁束密度が1.4～1.8 T程度のもとで使用される。このような高磁場のもとで駆動されるモータに使用される固定子コアでは、固定子コアの焼鈍による磁化特性の向上代、さらには磁場中焼鈍による磁束密度の向上代もさほど大きくはなく、磁場中焼鈍による効果はほとんど期待できない。これに対し、磁束密度が1.0 T以下の低磁場のもとで駆動されるモータに使用される固定子コアでは、適正な磁場印加条件のもとで焼鈍することにより、磁場中焼鈍による効果が顕著に現れる。このことを図1により説明する。

【0020】

図1に示すグラフは、磁化力Hと磁束密度Bの関係を示す、B-H曲線と呼ばれるグラフである。横軸の磁化力Hは、磁化する力としての電流の強さを1 m当たりの総電流として単位A/mで表し、縦軸の磁束密度Bは、磁化力Hに対応してどれだけ磁力線を吸収し通す能力があるかを単位T（テスラ）で表している。1 T = 1 万ガウスの関係があり、真空中（≡空気中）では磁束密度は1 ガウスである。図中の曲線（1）は素材である電磁鋼板を打ち抜いたままの試料での測定値を示し、曲線（2）は（1）の試料を通常条件で焼鈍した後での測定値を示し、曲線（3）は（1）の試料を磁場中焼鈍した後での測定値を示す。なお、素材は市販の高Si系成分の無方向性電磁鋼板（JIS C2552 35S230相当品）、板厚0.35 mmであり、打ち抜き寸法は外径80 mm、内径60 mmのリング状である。焼鈍時の加熱温度は750℃、磁場の印加は750℃から300℃までの冷却過程である。

【0021】

図1からわかるように、通常のモータの駆動条件である磁束密度Bが1.4～1.8 Tの領域では、通常焼鈍と磁場中焼鈍との差（曲線（2）と曲線（3）の間隔）、つまり磁場中焼鈍の効果は小さいが、電気自動車用モータの駆動条件である磁束密度Bが1.0 T以下の低磁場領域では、磁場中焼鈍の効果が極めて大きく、とくに磁場中焼鈍の場合はB-H曲線の立ち上がり角度が大きく、透磁率が最大となる点（図中●で示す）が低磁化力側に移動し、低磁場における磁化特性が顕著に向上している。

【0022】

固定子コア自体を構成する各結晶内の複数の磁区は、固定子コアの焼鈍時にキュリー点以上の温度（たとえば高Si系成分の無方向性電磁鋼板の場合は約720℃）でいったん消失し、キュリー点より低い温度に冷却したときに再現するが、この再現した複数の磁区の磁化方向が、冷却過程で磁場が印加されていることによって、大部分の磁区が印加磁場の方向に向き、その後300℃で磁場印加を断つと、磁区の磁化方向はそれまでの印加磁場の方向に三次元的に一番近い磁化容易軸（結晶の[100]、[010]、[001]のいずれかの軸）方向に原則的に固定する。この結果、低磁場において高い磁束密度が得られる、すなわち、透磁率が最大となる点が低磁化力側に移動することになる。

【0023】

さらに、冷却過程で磁場を印加するときに、固定子コアに対する印加磁場の方向をモータ駆動時の固定子の励磁方向と同じ方向とすることにより、上記の300℃において固定された磁区の磁化方向がモータ駆動時の固定子の励磁方向に近い方向となるので、固定子を励磁したときに固定子コアの磁区が容易に励磁方向に向くようになり、磁束密度が高くなる。これによって、ヒステリシス損が減少して固定子の全鉄損を向上させるとともに、この固定子コアを使用したモータの高周波励磁電流のもとでのモータ出力を向上させることになる。

【0024】

冷却過程での磁場の印加は、キュリー点直上の温度から300℃までの温度範囲において行うのがよい。キュリー点直上よりも高い温度範囲で磁場を印加しても、この温度範囲

では固定子コア自体の結晶内の磁区が消失しているので磁場印加の効果はない。冷却過程で再現する磁区の向きが磁場の印加によりある一定の向きに固定されるとき温度は、実験の結果約 300℃であることが判明したので、それより低い温度まで磁場を印加する必要はない。

【0025】

印加する磁場の強さは、800～12000 A/m の範囲が好ましい。磁場の強さが 800 A/m 未満であると磁場の印加による磁化特性の向上効果が低く、かつ不安定となり、12000 A/m より強い磁場を印加しても磁化特性の向上効果は飽和するので、上記の範囲とするのが好ましい。

【0026】

ここで、磁場中焼鈍の効果をさらに高めるには、磁場印加時における固定子コア自体の結晶粒径を 100 μ m 以上とすることが望ましい。磁場印加時における固定子コア自体の結晶粒径が大きいほど結晶粒界の総面積が少なくなるので、磁場印加焼鈍後の磁区の磁化方向が揃いやすくなり、それだけ磁化特性が向上する。そこで、少なくともキュリー点直上の温度から磁場を印加する時点での固定子コア自体の結晶粒径をできるだけ大きくしておくのが望ましい。とくに結晶粒径が 100 μ m 以上であると磁場印加の効果がより大きくなるので、固定子コアの素材として結晶粒径が 100 μ m 以上の無方向性電磁鋼板（たとえば JIS C2552 35S230 相当品）を使用して固定子コアを製作するか、あるいは、結晶粒径が 100 μ m 未満の無方向性電磁鋼板（たとえば JIS C2552 35S300 相当品）を素材として製作した固定子コアを H₂ または H₂ + Ar 雰囲気のもとで 850～900℃ 程度に加熱して結晶粒を成長させるか、いずれかの手段で磁場印加時に固定子コア自体の結晶粒径を大きい状態にしておくのが望ましい。結晶粒径が 100 μ m 以上の無方向性電磁鋼板を素材として製作した固定子コアの場合は、キュリー点直上の温度まで加熱した後直ちに磁場印加と冷却を行ってよいが、結晶粒径が 100 μ m 未満の無方向性電磁鋼板を素材として製作した固定子コアの場合は、上記のようにして結晶粒を成長させた後に冷却過程で磁場印加の方がよい。ここで、コアの素材が、鋼板製造の最終工程でスキンプラス圧延を行った無方向性電磁鋼板の場合は、コアの焼鈍時に加熱することによってコア自体の結晶粒が成長して、結晶粒径は 200 μ m 程度になる。

【0027】

このような磁場印加による固定子コアの焼鈍は、たとえば特願 2002-156136 号明細書に記載の焼鈍装置を用いて実施することができる。特願 2002-156136 号明細書に記載の焼鈍装置は、複数個の固定子コアを積層するための台座と、この台座の軸芯に装着した管状体と、この管状体を固定子コアの貫通孔に挿通した状態で積層される固定子コア積層体の内外面を外気と遮断するカバーと、このカバーの外側に配置したスパイラル状の巻線コイルと、固定子コア積層体の孔内面と外側面に沿って直線的に配置した線状コイルとを備えた固定子コアの焼鈍装置である。

【実施例 1】

【0028】

図 2 および図 3 は本発明の実施例における固定子コアの焼鈍工程を模式図により示す工程図であり、図 2 の (a)～(d) および図 3 の (e)、(f) は焼鈍開始前までの処理工程を示す。

【0029】

図 2 の (a) は被焼鈍材である固定子コア（以下、コアという）C を積層するための台座 1 と軸芯 2 と管状体 3 を示す。管状体 3 は耐熱性のシリカチューブである。図 2 の (b) は 5 個のコア（C1～C5）を示す。本実施形態におけるコア C は、素材である無方向性電磁鋼板をリング状に打ち抜き積層したもので、1 個のコアの外径 300 mm、内径 200 mm、厚さ 20 mm で、5 個の積層高さは 100 mm である。

【0030】

図 2 の (c) は 5 個のコア C を積層した状態を示す。同図において 4 はコア支持台であり、5 は管状体 3 に巻き付けたアルミナウール製の保温材である。台座 1 上に載置したコ

ア支持台 4 の上に 5 個のコア C を積層する。コア C の内面と保温材 5 の外面との間は 10 mm 程度の間隙がある。

【0031】

図 2 の (d) は積層したコア C にアルミナウール製の保温材 6 を巻き付けた状態を示す。管状体 3 およびコア C に保温材 6 を巻き付ける目的は、後述するコア積層体加熱用の巻線コイル 8 によりコア C を加熱するとき、および冷却するときの断熱をはかるためである。

【0032】

図 3 の (e) は外気遮断用のカバー 7 を設置した状態を示す。カバー 7 は、下部は開放され、上部は管状体 3 が通過する孔 7 a が設けられた筒状体で、積層したコア C (保温材 6 を含む) に被せ、台座 1 との間隙をシールすることで、コア C を外気と遮断することができる。コア C 外面とカバー 7 内面との間の空間 9 には台座 1 に設けた孔 (図示せず) を通じて不活性ガス、非酸化性ガス、非窒化性ガスなどの雰囲気ガスを供給する。

【0033】

図 3 の (f) は加熱用コイルおよび磁場印加用コイルの配置状態を示す。カバー 7 の外側にはコア C を加熱するための巻線コイル 8 が配置されている。本実施形態の巻線コイル 8 は、水冷銅パイプをスパイラル状に巻いた巻線コイルで、500 Hz の高周波電流を通電することにより、コア C を 750～850℃に加熱する。

【0034】

カバー 7 の外側と積層したコア C の中心部の管状体 3 の孔 3 a 内を通じて 2 個の線状コイル 10 (10 a, 10 b) が配置されている。線状コイル 10 はコア C を冷却中にコア C に磁場を印加するためのものであり、本実施形態では 12000 A/m の磁界をかけることのできる銅線コイルを用いている。前記の巻線コイル 8 と線状コイル 10 は上方に移動可能であり、コア C やカバー 7 など台座 1 上へ載置したり取り外したりするときには、巻線コイル 8 と線状コイル 10 を上方に待避させる。

【0035】

つぎに、図 3 の (f) に記載の基本構造の焼鈍装置を用いてモータ用固定子コアを焼鈍する方法について説明する。

図 3 の (f) に示すようにコア C やカバー 7 など台座 1 上へ載置し、コア C 外面とカバー 7 内面との間の空間 9 に雰囲気ガス (たとえば Ar ガス) を供給し、巻線コイル 8 と線状コイル 10 を所定の位置に配置した後、高周波電源装置 (図示せず) から巻線コイル 8 に 500 Hz の高周波電流を通電して、コア C を 750～850℃に加熱する。モータ用固定子コアの素材である無方向性電磁鋼板のキュリー点は高 Si 系成分の場合は約 720℃であるから、コア C を 750～850℃に加熱すると、鋼板の打ち抜き時に生じた歪みの除去とともに、素材の結晶粒成長による磁化特性の向上効果がある。とくに素材の結晶粒径が 100 μm 以上であると磁場印加による磁化特性の向上効果が著しいので、素材の結晶粒径が 100 μm 未満の場合は、850～900℃に加熱して結晶粒径が 100 μm 以上となるようにするのがよい。なお、鋼板製造の最終工程でスキンプラス圧延を行った無方向性電磁鋼板が素材の場合は、コアの焼鈍時に加熱することによってコア自体の結晶粒が成長して、結晶粒径は 200 μm 程度になる。

【0036】

温度計 11 の温度検出値により積層したコア C の内部温度が 750～850℃に達したことを確認後、巻線コイル 8 による加熱を停止し、コア C を冷却する。冷却開始後、コア C の内部温度が約 750℃に降下した時点で線状コイル 10 に直流電源装置 (図示せず) から 12000 A/m の直流電流を通電して、コア C に磁場を印加する。磁場を印加しながらの冷却はコア C の内部温度が約 300℃になるまで連続して行い、300℃以下は磁場印加を中止して自然冷却とする。

【0037】

この冷却過程において、キュリー点以上の加熱でいったん消失したコア C の結晶内の複数の磁区が再現され、この再現した複数の磁区の磁化方向が、冷却過程で磁場が印加され

ていることによって、大部分の磁区が印加磁場の方向に向き、その後300℃で磁場印加を断つと、磁区の磁化方向はそれまでの印加磁場の方向に三次元的に一番近い磁化容易軸（結晶の〔100〕、〔010〕、〔001〕のいずれかの軸）方向に固定される。これにより、低磁場において高い磁束密度が得られることになる。

【0038】

また、磁場印加のための線状コイル10を図3の(f)に示すように配置して、印加する磁場の方向がモータ駆動時の固定子の励磁方向と同じ方向となるようにすることによって、上記の固定された磁区の磁化方向がモータ駆動時の固定子の励磁方向に近い方向となるので、モータ駆動時に固定子を励磁したときに固定子コアの磁区が容易に励磁方向に向くようになり、磁束密度が高くなってヒステリシス損が減少し、固定子の全鉄損を向上させるとともに、この固定子コアを使用したモータの高周波励磁電流のもとでのモータ出力を向上させることになる。

【0039】

本発明の効果を確認するために以下の実験を行った。

〔実験例1〕

（実験条件）

使用素材：A社製無方向性電磁鋼板HTH1500（商品名）

板厚0.20mm スキンパス圧延なし 結晶粒径60μm

試料寸法：外径80mm、内径60mm

加熱温度：850℃、750℃

磁場の印加：750℃から300℃までの冷却過程

磁場の強度：0（磁場なし焼鈍）、800、6000（A/m）

（実験結果）

表1に実験結果を示す

【0040】

【表1】

焼鈍条件	磁場強度 (A/m)	B0.5 (T)	W7/50 (W/kg)	結晶粒径 (μm)
加熱温度 850℃	6000	0.726	0.469	70
	800	0.629	0.497	70
	0	0.587	0.509	70
加熱温度 750℃	6000	0.553	0.513	60
	800	0.528	0.528	60
	0	0.434	0.554	60
鋼板のまま	—	0.342	0.633	60

注) B0.5、W7/50の測定はASTM A596-69（1979年改訂）による。

【0041】

表1からわかるように、キュリー点直上から300℃までの冷却過程で800A/m以上の磁場を印加することにより、磁場を印加しない通常焼鈍の場合に比較して磁化特性が向上している。また、加熱温度を850℃とすることによって素材の結晶粒径は10μm程度成長し、加熱温度が750℃の場合に比べると磁化特性は良くなっている。印加磁場の強度が800A/mの場合の磁化特性の向上効果は、6000A/mの場合に比べるとやや不安定である。

【0042】

〔実験例2〕

（実験条件）

使用素材：A社製無方向性電磁鋼板35H230（商品名）

板厚0.35mm スキンパス圧延なし 結晶粒径100μm

試料寸法：外径 80 mm、内径 60 mm

加熱温度：750℃

磁場の印加：750℃から300℃までの冷却過程

磁場の強度：0（磁場なし焼鈍）、6000、12000（A/m）

（実験結果）

表 2 に実験結果を示す。

【0043】

【表 2】

焼鈍条件	磁場強度 (A/m)	B0.5 (T)	W7/50 (W/kg)	結晶粒径 (μm)
加熱温度 750℃	12000	0.749	0.522	100
	6000	0.683	0.531	100
	0	0.460	0.606	100
鋼板のまま	—	0.343	0.676	100

注) B0.5、W7/50の測定はASTM A596-69（1979年改訂）による。

【0044】

表 2 からわかるように、結晶粒径の大きい素材を使用することにより、磁化特性の向上効果が増大する。印加する磁場の強度が6000 A/mの場合と12000 A/mの場合とでは磁化特性の向上効果は大差ない。

【0045】

〔実験例 3〕

（実験条件）

使用素材 1：無方向性電磁鋼板（試料記号：50HS01）

成分 C：0.002% Si：0.80% Mn：0.20%

B：0.004%

スキンパス圧延 圧下率：6%

板厚 0.50 mm 結晶粒径 15 μm

使用素材 2：無方向性電磁鋼板（試料記号：50HS11）

成分 C：0.002% Si：0.20% Mn：0.20%

Al：1.00% P：0.10%

スキンパス圧延 圧下率：6%

板厚 0.50 mm 結晶粒径 15 μm

試料寸法：外径 80 mm、内径 60 mm

加熱温度：810℃

磁場の印加：810℃から300℃までの冷却過程

磁場の強度：0（磁場なし焼鈍）、12000（A/m）

（実験結果）

表 3 に実験結果を示す。なお表 3 には、比較のために実験例 2 の素材での実験結果も併記している。

【0046】

【表 3】

試料	焼鈍条件	B S (T)	B 0.5 (T)	W7/50 (W/kg)	結晶粒径 (μ m)
50HS11	磁場中焼鈍	2.10	1.40	0.652	200
	磁場なし焼鈍	2.10	1.20	0.746	200
50HS01	磁場中焼鈍	2.12	0.88	0.932	200
	磁場なし焼鈍	2.12	0.46	1.132	200
35H230	磁場中焼鈍	1.99	0.75	0.522	100
	磁場なし焼鈍	1.99	0.46	0.606	100

注) 表中の B S は B-H 曲線における磁束密度の飽和値である。

B S、B 0.5、W7/50 の測定は ASTM A596-69 (1979 年改訂) による。

【0047】

図 4 は表 3 の磁化特性を図示した B-H 曲線である。図中の曲線 (2)、(3) は図 1 と同じであり、曲線 (4) は試料 50HS01 の磁場なし焼鈍、曲線 (5) は試料 50HS01 の磁場中焼鈍、曲線 (6) は試料 50HS11 の磁場なし焼鈍、曲線 (7) は試料 50HS11 の磁場中焼鈍のそれぞれの結果を示す。表 3 および図 4 からわかるように、スキンプス圧延なしの鋼板の試料 35H230 の場合でも、磁場中焼鈍を行うことによって磁場なし焼鈍の場合よりも低磁場での磁束密度 B 0.5 は約 1.6 倍に向上し、鉄損 W7/50 は約 14% 向上している。スキンプス圧延ありの鋼板の試料 50HS01 は、試料 35H230 よりも低 Si で、磁化特性の面では試料 35H230 よりも不利であるにもかかわらず、結晶粒径が大きいので磁場中冷却の効果が大きく、低磁場での磁束密度 B 0.5 は試料 35H230 よりも向上している。高 Al 系鋼板の試料 50HS11 は、磁場なし焼鈍の場合でも高 Si 系鋼板の試料 35H230、50HS01 の磁場中焼鈍の場合よりも低磁場での磁束密度 B 0.5 が高く、磁場中焼鈍の場合はさらに低磁場での磁束密度 B 0.5 が高くなっている。以上のことから、コアの磁場中焼鈍を行うことにより磁化特性を向上させることができ、最終工程でスキンプス圧延を行った電磁鋼板を素材とした場合はスキンプス圧延なしの電磁鋼板を素材とした場合よりさらに磁化特性が向上し、高 Al 系成分の電磁鋼板を素材とした場合はさらに一層磁化特性が向上することが確認された。

【0048】

〔実験例 4〕

実験例 1～3 は、焼鈍前後の試料に対して直流磁界を加えてそのときの磁束密度や周波数 50 Hz での鉄損を測定した実験例であるが、本実験では、本発明のモータ用固定子コアの電気自動車用モータへの使用を想定して、焼鈍前後の試料に対して異なる周波数の交流磁界を加えてそのときの飽和磁束密度を測定した。

(実験条件)

使用素材：A 社製無方向性電磁鋼板 35H250 (商品名)

成分 C：0.002% Si：0.30% Mn：0.20%

Al：0.80%

板厚 0.35 mm スキンプス圧延なし 結晶粒径 150 μ m

試料寸法：外径 80 mm、内径 60 mm

加熱温度：810℃

磁場の印加：810℃から 300℃までの冷却過程

磁場の強度：0 (磁場なし焼鈍)、8000 (A/m)

励磁電流の周波数：50, 200, 400, 600, 1000 (Hz)

(実験結果)

表 4 に実験結果を示す。

【0049】

【表 4】

	励磁電流 周波数 (Hz)	50	200	400	600	1000
	回転速度 (min ⁻¹)	500	2000	4000	6000	10000
磁場中 焼鈍	飽和磁束 密度 (T)	1.54	1.39	1.17	1.08	0.39
	出力係数	77.0	278	468	648	390
磁場なし 焼鈍	飽和磁束 密度 (T)	1.55	1.24	0.62	0.48	0.25
	出力係数	77.5	248	248	288	250
打ち抜き まま	飽和磁束 密度 (T)	1.55	1.09	0.44	0.37	0.21
	出力係数	77.5	218	176	222	210

注) 回転速度は、12 ポールのモータの当該周波数における回転速度を例示した。

飽和磁束密度は、当該周波数での交流磁化時の飽和磁束密度の測定値を示す。

出力係数は、周波数と飽和磁束密度の積をもってモータの出力指標として示した。

図 5 は表 4 をグラフ化したものであり、破線は飽和磁束密度、実線は出力係数を示し、○印は磁場中焼鈍、▲印は磁場なし焼鈍、●印は打ち抜きのままの場合をそれぞれ示す。

【0050】

図 1 にも示したように、無方向性電磁鋼板からの打ち抜き試料に直流磁界を加えた場合、磁化力の増加にともなって磁束密度が増大するが、磁化力が 10000 A/m 近傍で磁束密度は飽和し、そのときの飽和磁束密度は約 2.0 (T) である。一方、交流磁界を加えた場合は、磁気慣性により、励磁電流の周波数が高くなるにつれて飽和磁束密度が低下する。このときの飽和磁束密度の低下の程度は、試料の残留歪みの多少、磁区方位によって変わり、歪取り焼鈍を行うことで残留歪みが減少して飽和磁束密度の低下の程度は減少し、さらに磁場中焼鈍を行うことで磁区の方位が印加磁場方向に近づいて飽和磁束密度の低下の程度はさらに減少する。

【0051】

表 4 および図 5 に示すように、打ち抜きのままの試料および磁場なし焼鈍を行った試料の場合は、励磁電流の周波数が 200 Hz を超えると飽和磁束密度は急激に低下し、200 Hz 以上の周波数域では、周波数と飽和磁束密度の積をもって表される出力係数はほとんど増加しない。これに対して、磁場中焼鈍を行った試料の場合は、励磁電流の周波数の増加による飽和磁束密度の低下が緩やかであり、とくに電気自動車用モータで採用される高周波励磁電流の周波数域である 400～600 Hz では、打ち抜きのまままたは磁場なし焼鈍を行った試料の出力係数に比して 2 倍以上の出力係数が得られる。すなわち、本発明に係るモータ用固定子コアを電気自動車用モータに使用することにより、従来のモータ用固定子コアを使用した電気自動車用モータに比して 2 倍以上のモータ出力が得られ、また同じ出力であればモータの小型化が可能となる、ということが確認された。

【産業上の利用可能性】

【0052】

以上、本発明に係るモータ用固定子コアを電気自動車用モータに適用することを想定して本発明の構成と実験例を説明したが、本発明に係るモータ用固定子コアの適用は電気自動車用モータに限らず、低磁場のもとで使用されるモータ全般に適用して鉄損の低減と出力向上に効果のあるものである。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】 B-H曲線に基づいて本発明の効果を説明するグラフである。

【図2】 本発明の実施形態における固定子コアの焼鈍工程を模式図により示す工程図である。

【図3】 本発明の実施形態における固定子コアの焼鈍工程を模式図により示す工程図である。

【図4】 実験結果を示すグラフである。

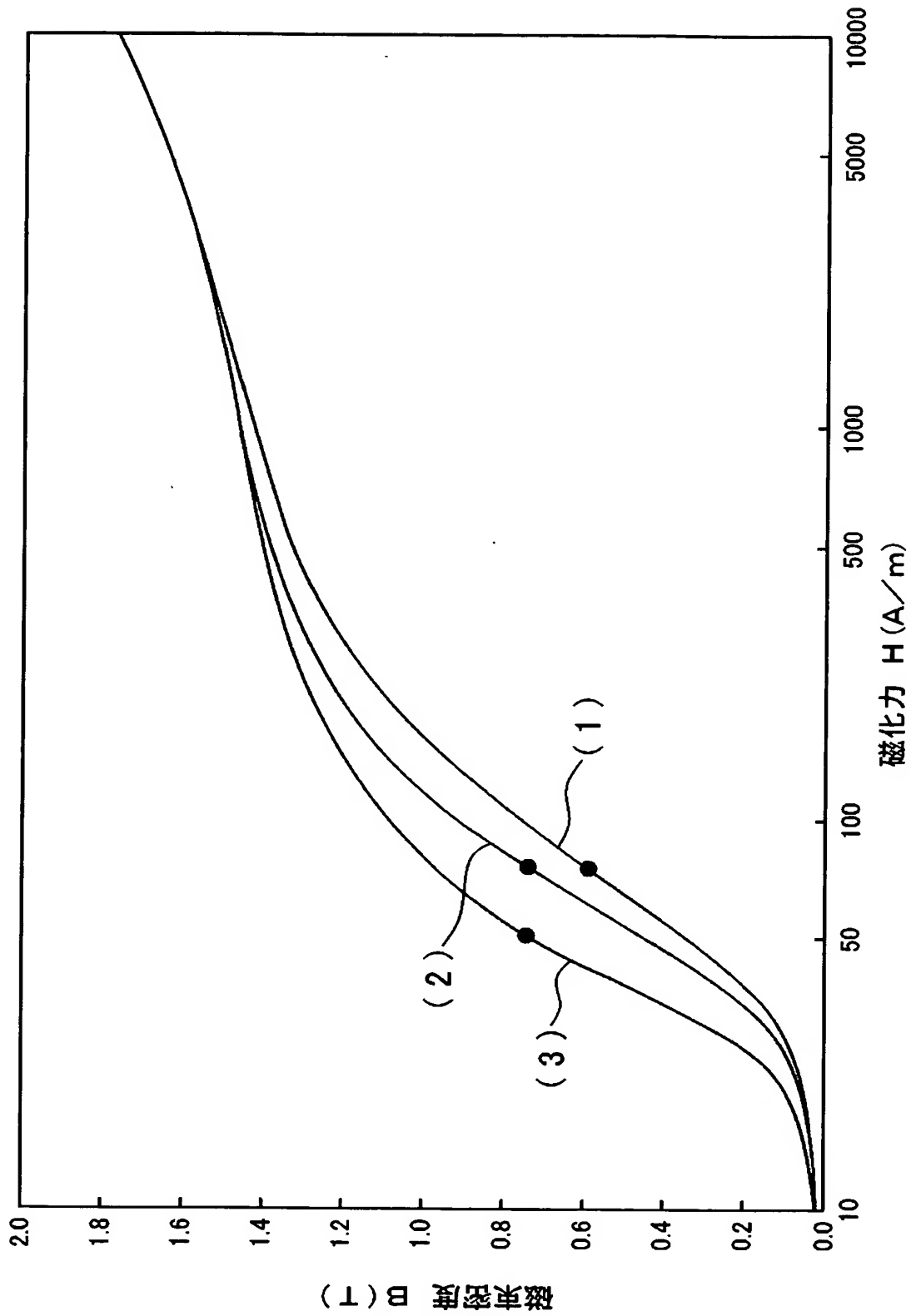
【図5】 実験結果を示すグラフである。

【符号の説明】

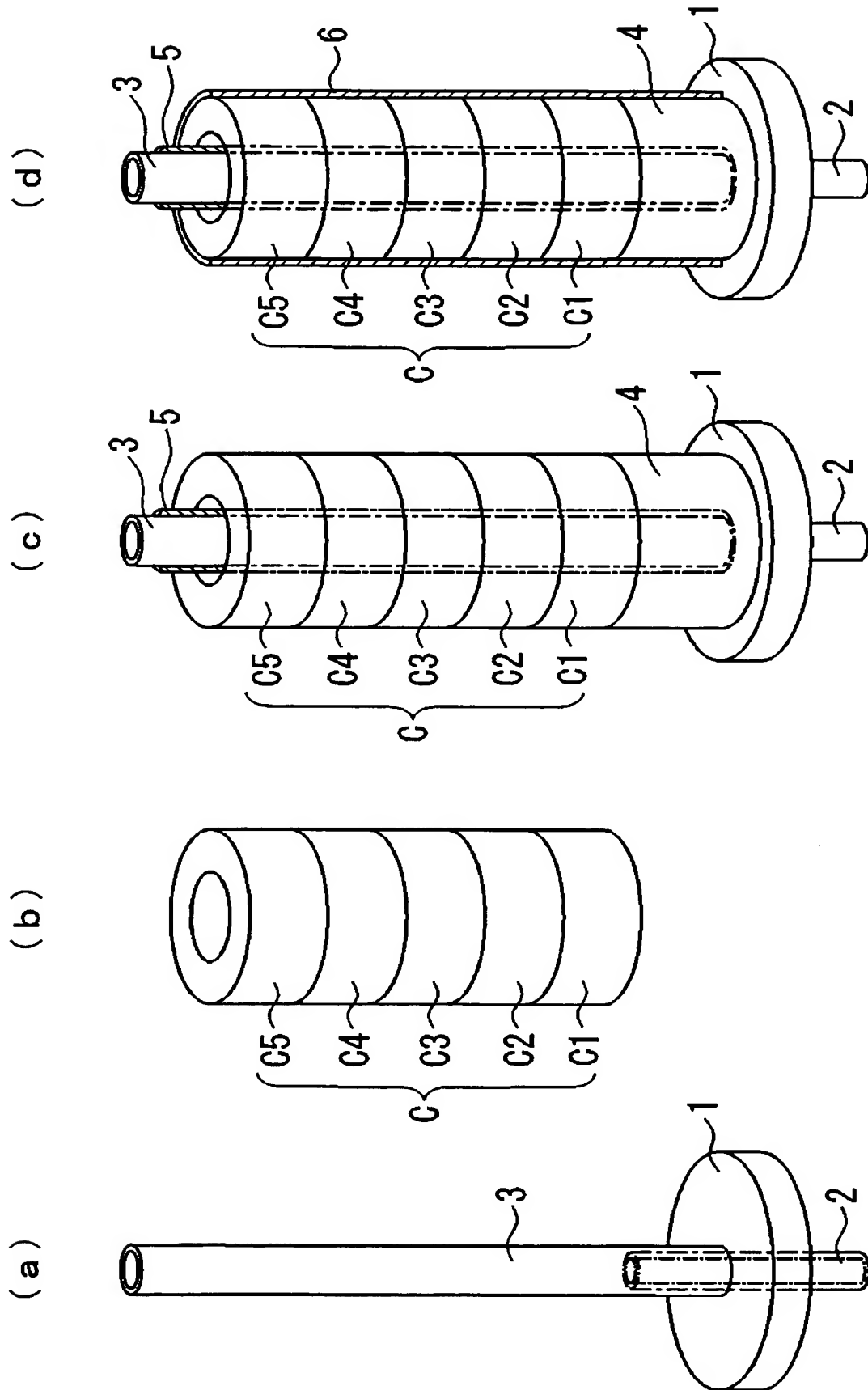
【0054】

- 1 台座
- 2 軸芯
- 3 管状体
- 3 a 孔
- 4 コア支持台
- 5, 6 保温材
- 7 カバー
- 7 a 孔
- 8 巻線コイル
- 9 空間
- 10, 10 a, 10 b 線状コイル
- 11 温度計
- C, C1~C5 コア

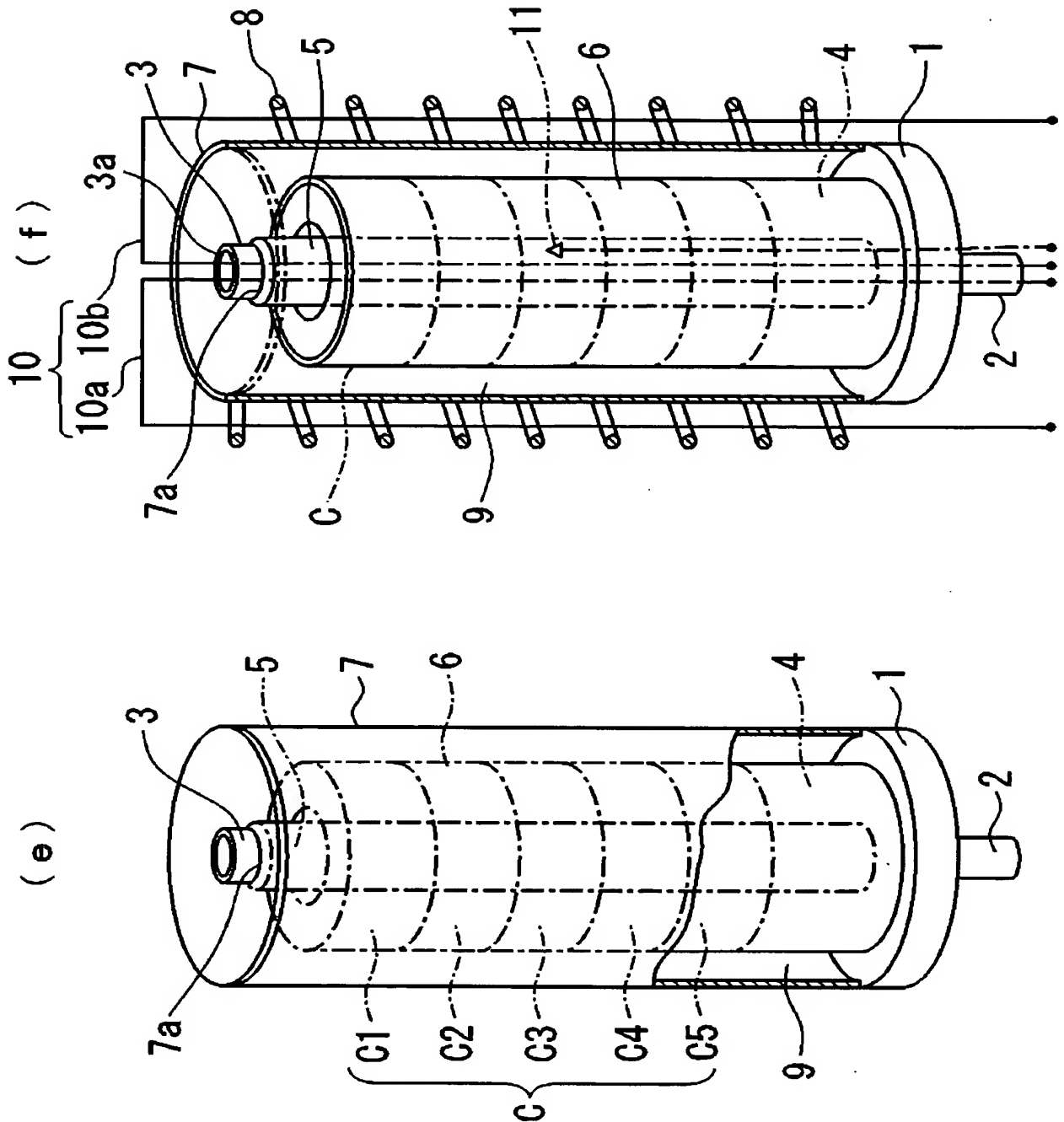
【書類名】 図面
【図 1】



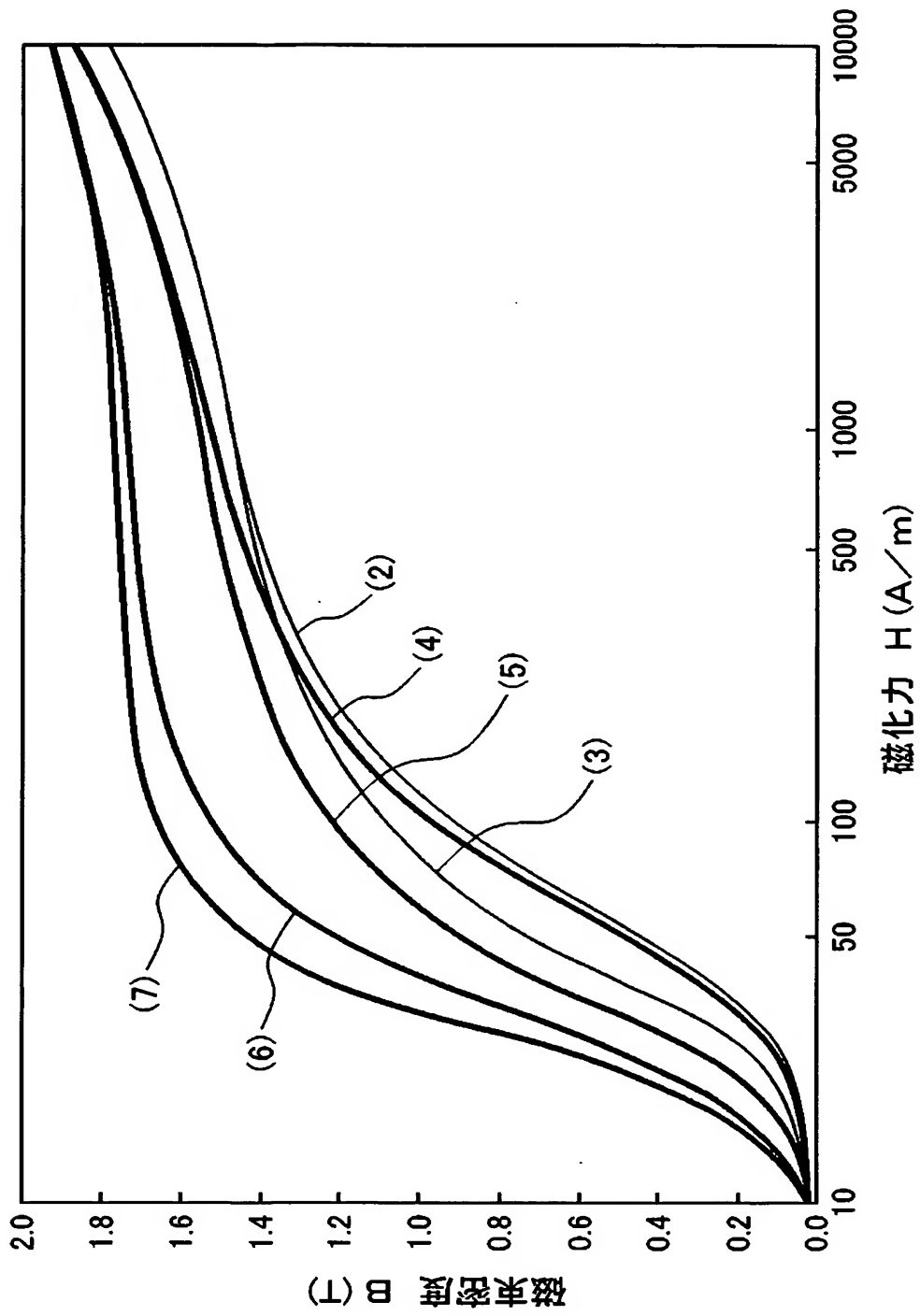
【図 2】



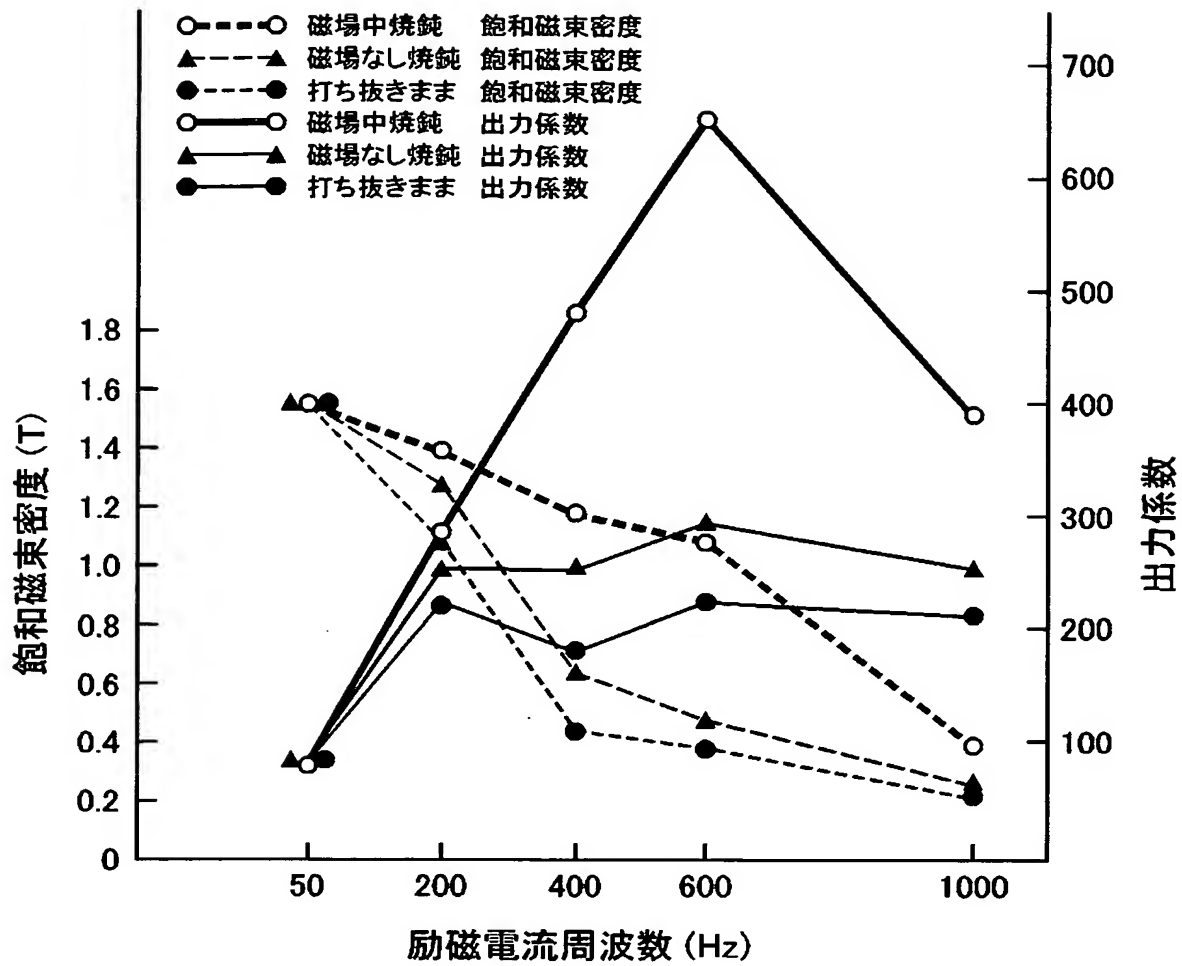
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 低磁場における磁化特性および鉄損を改善するとともにモータの出力を向上させるモータ用固定子コアを提供する。

【解決手段】 無方向性電磁鋼板を素材として製作された固定子コアを焼鈍するに際して、加熱後の固定子コアの冷却過程において少なくともキュリー点直上の温度から 3 0 0℃までの温度範囲において固定子コアに対してモータ駆動時の固定子の励磁方向と同じ方向に磁場を印加する。これにより、低磁場においても磁束密度が高くなってヒステリシス損が減少し、固定子の全鉄損を向上させるとともに、この固定子コアを使用したモータの高周波励磁電流のもとでのモータ出力を向上させることができる。

【選択図】 図 5

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 3 0 9 2 9 7
受付番号	5 0 3 0 1 4 4 9 3 4 9
書類名	特許願
担当官	鈴木 紳 9 7 6 4
作成日	平成 1 5 年 9 月 5 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成 15 年 9 月 1 日

特願 2 0 0 3 - 3 0 9 2 9 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 9 7 0 6 0 9 2 2]

1. 変更年月日

1 9 9 7 年 3 月 2 5 日

[変更理由]

新規登録

住 所

千葉県佐倉市大作一丁目三番地の二 佐倉第三工業団地

氏 名

東洋鐵芯工業株式会社

特願 2003-309297

出願人履歴情報

識別番号

[502193048]

1. 変更年月日

2002年 5月29日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都江戸川区篠崎町2丁目409番地13

氏 名

飯島 信長

特願 2 0 0 3 - 3 0 9 2 9 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 0 1 5 3 9 6 5]

1. 変更年月日

2 0 0 0 年 4 月 3 日

[変更理由]

新規登録

住 所

福岡県北九州市八幡西区南八千代町 5 番 2 5 号

氏 名

有限会社ハイゼット

特願 2 0 0 3 - 3 0 9 2 9 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 9 1 2 0 3 4 8 4]

1. 変更年月日

1 9 9 1 年 9 月 1 3 日

[変更理由]

新規登録

住 所

福岡県北九州市八幡西区南八千代町 5 番 2 5 号

氏 名

奥石 弘道